

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 578 116

21 N° d'enregistrement national :

85 02966

51 Int Cl<sup>4</sup> : H 02 K 21/08, 1/28.

12

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 28 février 1985.

71 Demandeur(s) : Société dite : AUXILEC. — FR.

30 Priorité :

72 Inventeur(s) : Michel Epars.

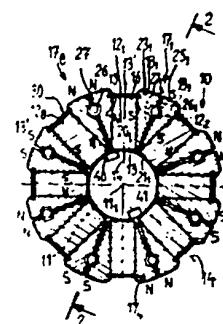
43 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 35 du 29 août 1986.

60 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

73 Titulaire(s) :

54 Machine synchrone à rotor à aimants permanents produisant une induction magnétique orthoradiale.

57 La machine synchrone comporte un rotor 10 à aimants permanents 12 dont les inductions sont de directions orthora-  
diales et qui sont disposés autour de l'axe 11, de façon telle  
que deux aimants voisins aient des inductions de sens oppo-  
sés. Des pièces polaires 17 dévient cette induction pour qu'elle  
soit radiale à la périphérie. Chacune des pièces polaires est  
formée de demi-pôles 18, 19 séparés par une goupille fendue  
26 appliquant chacun de ceux-ci contre l'aimant voisin.



FR 2 578 116 - A1

D

## MACHINE SYNCHRONE A ROTOR A AIMANTS PERMANENTS PRODUISANT UNE INDUCTION MAGNETIQUE ORTHORADIALE

L'invention est relative à une machine synchrone, de préférence un moteur, dont le rotor est formé d'aimants permanents dont l'aimantation est tangentielle ou orthoradiale et de pièces polaires déviant cette induction des aimants pour qu'elle soit radiale à la périphérie.

Un moteur synchrone comporte un stator polyphasé et un rotor à aimants permanents. Le stator est alimenté par un courant alternatif polyphasé qui engendre un champ tournant provoquant la rotation du rotor.

10 Pour la fabrication des rotors, on utilise de plus en plus des aimants aux terres rares notamment au samarium-cobalt, par exemple  $\text{SmCo}_5$ , qui présente un faible taux de désaimantation ainsi qu'une forte énergie d'aimantation par unité de volume, ce qui permet d'obtenir des moteurs à couple massique élevé, c'est-à-dire à fort couple pour une faible masse. Toutefois, l'inconvénient de tels aimants est qu'ils présentent une induction rémanente relativement faible. C'est pourquoi ces aimants sont habituellement disposés de façon que leur aimantation soit orthoradiale et sont associés à des pièces polaires de concentration de flux qui permettent de conférer 15 à l'induction la direction radiale dans l'entrefer. Ainsi, on met à profit les deux pôles de chaque aimant.

20 Cette constitution hétérogène du rotor pose des problèmes de cohésion mécanique d'autant plus difficiles à résoudre que la vitesse de rotation est élevée. Pour améliorer cette cohésion, il est fréquent que chaque pièce polaire entre deux aimants adjacents soit 25 en deux parties, la ligne de séparation étant de direction radiale, un moyen de précontrainte étant disposé entre les deux demi-pièces polaires pour appliquer chacune de celles-ci contre l'aimant correspondant.

Mais les moyens de précontrainte utilisés jusqu'à présent sont complexes et onéreux.

L'invention remédie à cet inconvénient.

Elle est caractérisée en ce que le moyen disposé entre deux 5 demi-pièces polaires pour appliquer chacune de celles-ci contre une face de l'aimant adjacent est constitué par une goupille fendue. Ce moyen est particulièrement simple et bon marché. En outre, une goupille fendue agissant comme un ressort, les jeux sont automatiquement compensés, ce qui augmente les tolérances pour la fabrication des divers composants du rotor et réduit encore le coût. 10

Pour diminuer les risques de balourds, il est préférable que les fentes des goupilles soient toutes orientées de la même manière autour de l'axe, par exemple vers l'extérieur.

Si le rotor doit tourner à grande vitesse ou doit être soumis à 15 des vibrations importantes, le montage se termine de la façon suivante : on fait tourner ce rotor à une vitesse supérieure à la vitesse maximale à laquelle il sera soumis au cours de son fonctionnement, puis ce rotor est imprégné d'un vernis polymérisable qui complète la cohésion des divers éléments du rotor.

20 L'invention n'est, bien entendu, pas limitée à la réalisation d'un moteur, elle peut être également utilisée pour la fabrication d'un alternateur. Elle n'est pas limitée non plus à un matériau particulier constituant les aimants. En variante les aimants sont en ferrite.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront avec la description de l'un de ses modes de réalisation, celle-ci étant effectuée en se référant aux dessins ci-annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une coupe selon un plan perpendiculaire à l'axe d'un rotor selon l'invention;

- la figure 2 est une coupe selon la ligne 2,2 de la figure 1.

30 Dans l'exemple, le moteur est du type autosynchrone, quelquefois appelé aussi moteur à courant continu sans balai, avec un stator polyphasé (non représenté) dont chaque enroulement est en série avec un interrupteur à semi-conducteur commandé par un circuit électronique pour que le couple soit constant.

Le rotor 10 comporte, régulièrement répartis autour de l'arbre 11, qui est de préférence en matériau amagnétique, huit aimants 12<sub>1</sub>, 12<sub>2</sub>, ..., 12<sub>8</sub> au samarium-cobalt ayant chacun la forme d'un parallélépipède rectangle allongé parallèlement à l'axe et qui, en coupe, présente des petits côtés 13 et 13' de direction tangentielle. De plus, l'aimantation de chacun de ces aimants 12 est orthoradiale, c'est-à-dire également de direction tangentielle, parallèle au petit côté 13 et donc perpendiculaire à un rayon correspondant 14. Ainsi, l'aimant 12<sub>1</sub> présente une face 15, perpendiculaire à la face tangentielle 13, 10 constituant le pôle nord (N) et une face 16, qui lui est parallèle, constituant le pôle sud (S).

Les aimants sont disposés de façon telle que les faces les plus voisines de deux aimants voisins soient de même polarité. Ainsi, chaque pièce polaire 17 disposée entre deux aimants voisins présente 15 une polarité unique. Par exemple, la pièce polaire 17<sub>1</sub> entre les aimants 12<sub>1</sub> et 12<sub>2</sub> constitue un pôle sud.

Chaque pièce polaire 17 est formée de deux parties 18 et 19, en acier doux dans l'exemple, de même longueur axiale que les aimants 12. La face de séparation entre les deux demi-pôles 18, 19 20 est selon un plan radial. Chaque demi-pôle, 18 ou 19, a, en section par un plan perpendiculaire à l'axe 11<sub>1</sub>, sensiblement la forme d'un triangle rectangle. Ainsi, le demi-pôle 18<sub>1</sub> présente une face 20<sub>1</sub> appliquée contre la face 16 de l'aimant 12<sub>1</sub>, une face 21<sub>1</sub> en regard de la face correspondante 22<sub>1</sub> du demi-pôle 19<sub>1</sub> et une face externe 25 23<sub>1</sub> en forme de zone d'un cylindre constituant la surface externe du rotor.

Les faces 21<sub>1</sub> et 22<sub>1</sub> présentent chacune une rainure en forme de demi-cylindre d'axe parallèle à l'axe 11<sub>1</sub> et de même rayon; les axes de ces demi-cylindres sont pratiquement confondus quand le 30 rotor est monté. Ces rainures forment un logement cylindrique 25<sub>1</sub> dans lequel est disposée une goupille fendue 26<sub>1</sub> qui a la forme d'un tube fendu selon une génératrice. Les dimensions du logement et de la goupille fendue sont telles que celle-ci est montée à contrainte de façon à appliquer le demi-pôle 18<sub>1</sub> contre l'aimant 12<sub>1</sub> et le demi-

pôle  $19_1$  contre l'aimant  $12_2$ ; lors du montage final, les faces  $21_1$  et  $22_1$  des deux demi-pôles  $18_1$  et  $19_1$  sont séparées par une distance d'environ 1mm.

5 La fente 27 de chaque goupille 26 est, dans l'exemple, tournée vers l'extérieur.

Il est préférable que chaque goupille soit en matériau amagnétique pour diminuer les fuites magnétiques transversales provoquées par la réaction d'induit.

10 Chaque demi-pôle  $18, 19$  dépasse en direction radiale de la face externe  $13'$  de chaque aimant 12. Dans la partie dépassante de la face 20, est ménagée une rainure de direction radiale pour une plaque amagnétique de clavetage 30 appliquée contre la face  $13'$  de l'aimant 12. Ainsi, les bords longitudinaux, parallèles à l'axe  $11_1$ , de la plaque 30 sont logés dans les rainures des demi-pôles de chaque 15 côté de l'aimant 12 correspondant.

20 En direction axiale, les aimants et les pièces polaires sont maintenus ensemble par des flasques d'extrémité 31 et 32 (figure 2) - présentant dans l'exemple des trous 51, 52 pour laisser le passage aux goupilles afin, d'une part, de faciliter leur montage et, d'autre part, de permettre le repérage angulaire du rotor.

25 Le flasque 31 est prolongé, à l'opposé de l'ensemble à aimants 12 et pièces polaires 17, par un nez 33 s'appuyant contre un épaulement 34 de l'arbre 11. Le flasque 32 est également prolongé par un nez 35, à l'opposé de l'ensemble à aimants et pièces polaires, contre lequel est en appui une rondelle élastique 36 grâce à une autre rondelle  $36_1$  et un écrou 37 coopérant avec une partie filetée de l'arbre. Les rondelles 36 et  $36_1$  permettent de limiter l'effort axial sur les divers éléments du rotor afin d'éviter une déformation de l'arbre et de limiter la précision d'usinage desdits éléments.

30 Les flasques 31 et 32 sont immobilisés en rotation sur l'arbre par des clavetages 40 et 41 diamétralement opposés au droit des pièces polaires nord, respectivement  $17_8$  et  $17_4$ .

Les goupilles fendues 26 constituent des moyens simples assurant la cohésion du rotor et qui, en outre, rattrapent les jeux. Le

repérage de la position angulaire du rotor grâce aux goupilles est particulièrement utile pour un moteur auto-synchrone dont l'alimentation du stator est asservie à la position angulaire du rotor.

5 Comme déjà mentionné, l'ouverture des fentes dans la même direction permet de limiter les risques de balourds; de plus, l'ouverture vers l'extérieur facilite le contrôle de leurs positions à partir de la périphérie, en particulier à partir de la fente entre les faces 21 et 22 de deux demi-pièces polaires adjacentes.

10 Si le rotor doit tourner à grande vitesse, le montage est complété de la façon suivante : ce rotor est entraîné à très grande vitesse, supérieure à la vitesse maximum de fonctionnement, puis ce rotor est soumis à un traitement de dégraissage et, enfin, il est imprégné par un vernis polymérisable qui ensuite durcit à chaud pour compléter la cohésion des divers éléments du rotor.

REVENDEICATIONS

1. Machine synchrone à rotor (10) à aimants permanents (12) dont les inductions sont de directions orthoradielles et qui sont disposés autour de l'axe de façon telle que deux aimants voisins aient des inductions de sens opposés, des pièces polaires (17) déviant cette induction pour qu'elle soit radiale à la périphérie, chacune de ces pièces polaires étant formée de demi-pôles (18, 19) séparés par un moyen appliquant chacun de ceux-ci contre l'aimant voisin, caractérisée en ce que ledit moyen appliquant chaque demi-pôle (18, 19) contre l'aimant voisin (12) est constitué par une goupille fendue (26).  
5
2. Machine selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'axe de chaque goupille fendue (26) est parallèle à l'axe (11) du rotor.  
10
3. Machine selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que les fentes (27) des goupilles fendues sont toutes orientées de la même manière autour de l'axe (11) du rotor.  
15
4. Machine selon la revendication 3, caractérisée en ce que les fentes sont orientées vers la périphérie du rotor.  
20
5. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les faces adjacentes (21, 22) des deux demi-pôles (18, 19) d'une même pièce polaire (17) sont séparées par une fente, dont l'épaisseur est par exemple de l'ordre du millimètre.  
25
6. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les faces adjacentes (21, 22) des demi-pôles (18, 19) d'une même pièce polaire (17) présentent des rainures semi-cylindriques dont les ouvertures sont en regard l'une de l'autre pour loger la goupille (26).  
30
7. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les pièces polaires sont en acier doux.  
8. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le rotor (10) comporte deux flasques

(31, 32) montés sur l'arbre (11) aux extrémités longitudinales de ce rotor pour compléter la cohésion de l'ensemble formé par les aimants (12) et les pièces polaires (17), et en ce que ces flasques (31, 32) présentent des trous (51, 52) pour laisser le passage aux goupilles fendues (26).

5 9. Machine selon la revendication 8, caractérisée en ce que les flasques (31, 32) sont clavetés sur l'arbre (11), et en ce que les clavettes (40, 41) ont une position angulaire déterminée par rapport à un pôle du rotor.

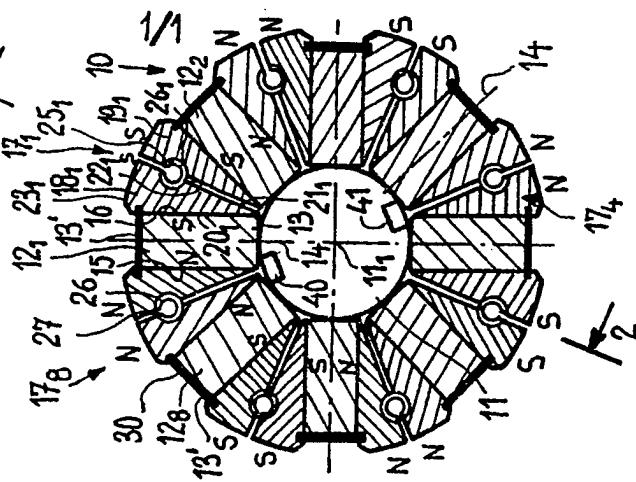
10 10. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la face externe (13') de chaque aimant (12) est recouverte par une plaque amagnétique (30) dont les bords longitudinaux sont logés dans des fentes des demi-pôles adjacents.

15 11. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les aimants (12) sont à base de samarium-cobalt.

20 12. Machine selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le rotor est imprégné d'un vernis d'assemblage après qu'en l'ait fait tourner à une vitesse supérieure à la vitesse maximum de fonctionnement.

13. Machine selon la revendication 5, caractérisée en ce que les goupilles sont en matériau amagnétique.

## FIG-1



## FIG-2

